

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07026347  
PUBLICATION DATE : 27-01-95

APPLICATION DATE : 09-07-93  
APPLICATION NUMBER : 05170177

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : TOMONO TOSHIO;

INT.CL. : C22C 38/00 C22C 38/34 F16F 1/02

TITLE : STEEL WIRE FOR HIGH STRENGTH SUSPENSION SPRING, EXCELLENT IN COLD FORMABILITY

ABSTRACT : PURPOSE: To produce a steel wire for high strength suspension spring for cold forming, Whose material after quench-and-temper has high strength and sufficient cold formability and also has superior durability and settling resistance required of a spring, by specifying respective additive quantities of Nb, C, Si, Mn, and Cr among the components of a steel wire.

CONSTITUTION: This steel wire for high strength suspension spring has a composition consisting of, by weight, 0.50-0.65% C, 1.50-2.50% Si, >0.50-1.50% Mn, >1.0-2.5% Cr, 0.07-0.65% Nb, and the balance Fe with inevitable impurities. In this composition, Nb/C is regulated to 0.15-1.0. This steel wire has excellent cold formability.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-26347

(43) 公開日 平成7年(1995)1月27日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z			
38/34				
F 1 6 F 1/02	A 8917-3 J			

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-170177

(22) 出願日 平成5年(1993)7月9日

(71) 出願人 OXXXXXG55

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 内田 尚志

室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室  
蘭製鐵所内

(72) 発明者 子安 善郎

室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室  
蘭製鐵所内

(72) 発明者 伴野 俊夫

室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室  
蘭製鐵所内

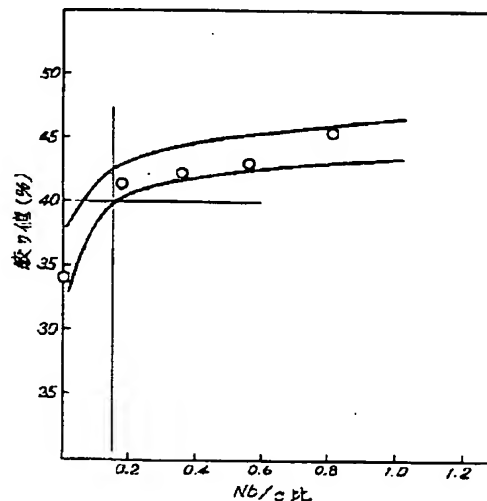
(74) 代理人 弁理士 茶野木 立夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 冷間成形に優れた高強度懸架ばね用鋼線

(57) 【要約】

【目的】 本発明は自動車用懸架ばねのうち冷間成形ばねの軽量化、高応力化に対応するため、鋼線の成分のうちNbおよびC、Si、Mn、Crの添加量を特定することにより、焼入れ焼戻し後の材質が高強度でかつ十分な冷間成形性を有し、ばねとして耐久性および耐へたり性に優れた冷間成形用高強度懸架ばね用鋼線を提供しようとするものである。

【構成】 重量%でC:0.50%以上、0.65%以下、Si:1.50%以上、2.50%以下、Mn:0.50%を超え、1.50%以下、Cr:1.0%を超え、2.5%以下、Nb:0.07%以上、0.65%以下を含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物からなり、更に、Nb/C比:0.15以上、1.0以下であることを特徴とする冷間成形性に優れた高強度懸架ばね用鋼線。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で

C : 0.50%以上、0.65%以下

Si : 1.50%以上、2.50%以下

Mn : 0.50%を超え、1.50%以下

Cr : 1.0%を超え、2.5%以下

Nb : 0.07%以上、0.65%以下

残部はFeおよび不可避免の不純物からなり、更に、Nb/C比: 0.15以上、1.0以下であることを特徴とする冷間成形性に優れた高強度懸架ばね用鋼線。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は自動車等の懸架装置に用いられるコイルばねのうち、冷間成形懸架ばねに係わるもので、冷間成形性に優れ、かつ、ばねとして耐久性および耐へたり性に優れた懸架ばね用鋼線に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車は燃費向上のために軽量化が強く要求されており、自動車の重要な構成部品の一つである懸架用コイルばねにおいても、同様に今まで以上の軽量化が要求されている。懸架用コイルばねの軽量化は、一般にはコイルばねの設計応力を高めることで対応されており、そのためには、コイルばねの強度を高め、耐久性を高める必要がある。その具体的な対応策は、懸架用コイルばねの成形方法によって異なっている。

【0003】懸架用コイルばねの成形法としては、熱間成形法および冷間成形法の二種類がある。熱間成形法は、鋼線を熱間でコイルに成形した後、焼入れ・焼戻しの熱処理により強度を調整する方法で、一般的に用いられている方法である。この熱間成形法では鋼線を高温でコイルに成形するため、コイルばねとしての成形性はほとんど問題にならず、また、コイルに成形してから焼入れ・焼戻し処理を施すため強度の調整が比較的容易であることから、各種合金元素を添加し、耐久性および耐へたり性に優れた熱間成形用懸架ばね用鋼が開発されてきた。

【0004】例えば、特開昭57-32353号公報では、JIS G4801に規定されているばね鋼鋼材の内、Si-Mn鋼鋼材のSUP7の成分を基本成分とし、これにV、Nb、Moを単独あるいは複合添加させることにより、耐へたり性を改善することができ、ばね用鋼として必要な耐久性、靱性についても従来鋼とくらべ遜色のないものであるとしている。

【0005】同号公報でのV、Nb、Moの作用効果としては、焼入れにより過飽和に固溶したこれらの合金元素が、焼戻しの過程において微細な合金炭化物として再析出し、これが転位の動きを阻止し、二次硬化を生じ、硬さを上昇させ、更に耐へたり性を向上する働きをする。また、焼入れ時の加熱においてオーステナイト中に

2

固溶されない合金炭化物は、オーステナイト結晶粒を細粒化すると共にその粗大化を防止し、このような微細な結晶粒は転位の移動量を少なくすることにより、耐へたり性を向上させるとしている。

【0006】しかし、同号公報の実施例から明らかなように熱間成形法を前提としたものであり、この場合の引張強さはたかだか180kgf/mm<sup>2</sup>前後、ばねの耐久性も最大剪断応力(τ<sub>max</sub>)110kgf/mm<sup>2</sup>程度であり、最近の懸架ばねの高応力化の要求に対しては不十分である。最近では、懸架ばねに対する高応力化の要求レベルが更に高くなり、これに伴って靱性低下による信頼性の低下が懸念されることから、懸架ばねの信頼性を確保するため靱性を向上せしめた高強度熱間成形用ばね鋼が提案されている。

【0007】例えば、特開平3-2354号公報では、SUP7より低C化し、Ni、Cr、Nbを適量添加し、必要に応じてV、Nb、Moの一種以上含有させ、O量を低減させることにより、靱性に優れ、かつ耐久性、耐へたり性に優れたばね用鋼が得られるとしている。同号公報では、低C化およびNi添加により靱性を向上せしめている。また、V、Nb、Moの作用効果は、前述の特開昭57-32353号公報と同様、結晶粒の微細化効果にあるとしている。同号公報実施例では硬度をHRC55に調整したコイルばねの耐久性はτ<sub>max</sub>130kgf/mm<sup>2</sup>と従来鋼に比べ著しく高くなっている。しかしながら、同号公報の発明は添加合金元素の種類および添加量が多く、そのためコスト的に不利にならざるを得ない。

【0008】一方、冷間成形ばねでは、熱処理により鋼線の強度を調整した後、室温でコイル成形を行うため、コイル成形可能な線径、コイル形状に限界がある。従って、最近のばねの高応力化に対応するために強度を高めれば冷間成形性が低下し、コイルばねの成形が難しくなるといった問題が派生し、冷間成形懸架ばねの高強度化を困難にしている。例えば、特開昭59-96246号公報では、ばね用鋼の一種である米国・自動車技術者協会規格SAE9254相当材にVを添加するとともに、急速加熱、急速冷却の熱処理を組合せることにより結晶粒の粗大化を抑制し、結晶粒の微細化を図り冷間成形性に優れた高強度、高靱性、高耐へたり性の冷間成形用ばね鋼線が得られるとしている。この場合、引張強度204kgf/mm<sup>2</sup>に調整した線材を用いて製造したばねの耐久性はτ<sub>max</sub>120kgf/mm<sup>2</sup>であるとしている。

【0009】このように、熱間成形懸架ばねでは、鋼線を熱間でコイル成形するため成形性は問題にならず、成形後に熱処理を施し、この熱処理により各種添加した合金元素の作用効果を利用して、ばねに耐久性および耐へたり性、更には靱性を付与することが可能である。これに対して、冷間成形懸架ばねでは、予め鋼線に焼入れ・焼戻しの熱処理を施し、強度を調整した後、コイル成形を

行うため強度と同時に成形性を確保することが必須条件であり、最近の熱間成形懸架ばねと同様な多量な合金元素の利用ができない。そのため、冷間成形懸架ばねの耐久性の応力レベルは、前述の熱間成形懸架ばねより低い $\sigma_{0.2}$  120 kgf/mm<sup>2</sup> 級であるのが実情である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】冷間成形懸架ばねの高応力化のために素材鋼線の強度を高めると、コイルリング時の冷間成形性が低下し、コイルばねとして成形ができなくなる。しかしながら、近年、冷間成形懸架ばねでも、熱間成形懸架ばねと同様、高い疲労強度が要求されており、ばね用鋼線の高強度化の要求が強い。そこで、本発明は、高強度でかつ十分な冷間成形性を有し、ばねとしての耐久性および耐へたり性に優れた冷間成形懸架ばね用鋼線を提供しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、重量％でC：0.50％以上、0.65％以下、Si：1.50％以上、2.50％以下、Mn：0.50％を超え、1.50％以下、Cr：1.0％を超え、2.5％以下、Nb：0.07％以上、0.65％以下を含有し、残部はFeおよび不可避の不純物からなり、更に、Nb/C比：0.15以上、1.0以下であることを特徴とする冷間成形性に優れた高強度懸架ばね用鋼線である。

【0012】前述の通り、冷間成形懸架ばね用鋼線は、焼入れ・焼戻しを施し強度を調整した後、コイルに成形するため、強度と同時に冷間成形性を有していなければならない。焼入れ・焼戻し条件のうち、焼戻温度を低めることにより鋼線の強度を高めることが可能であるが、一般には焼戻処理に鉛浴炉を用いることから焼戻温度は鉛の融点以下とすることができず、また、単に焼戻温度を下げ強度を高めた場合、冷間成形性が低下し、懸架ばねに成形できない。一方、焼戻温度を高めれば、冷間成形性は向上するが、強度が低下し、十分な疲労強度が得られない。更に、一般に採用されている現行の焼入れ・焼戻し条件を変更することは生産性を阻害するため好ましくない。

【0013】そこで、本発明者等は、一般に採用されている通常の焼入れ・焼戻し条件を変更することなく高強度化を図り、かつコイルばねとしての冷間成形性を確保すべく、種々検討を重ねた。特に、コイルリング時の冷間成形性を支配する材質要因は、局部変形能すなわち引張試験における絞り値と相関があるものと思料し、引張強さと絞り値に及ぼす合金元素の影響について検討を加えた。その結果、強度を確保するためCをSAE9254相当に抑え、Si、Mn、Crの添加量を調整し、更に、絞り値を確保するためNbを適量添加することにより、通常の焼入れ・焼戻し条件において強度および絞り値の双方が確保できることを見出した。

【0014】図1は絞り値に及ぼすNbの効果を示すも

ので、横軸はNb/C比（重量％比）で整理してある。供試材の化学成分を表1に示すが、同表の鋼のうち、強度レベルがほぼ同じ本願発明鋼A1～A4および比較鋼B1を用いた。実験室的に溶解、鍛造した供試材を用いて、焼入れ・焼戻しを施した。焼入条件は加熱温度950℃で30min保持し、オーステナイト化した後、60℃の油焼入れとした。焼戻条件は、加熱温度400℃で60min保持した後、水冷とした。引張試験片の形状は平行部の直径6mm、長さ30mmである。

10 【0015】同図に示すように、Nb/C比が高くなるに従って絞り値が高くなる傾向にあることが判る。従来、絞り値が40％以上あれば懸架ばねとして問題なく冷間成形が十分できるため、この絞り値を基準にとると、Nb/C比が0.15以上の添加が必要である。図2はNb添加材およびNb無添加材の焼戻特性を示すものである。用いた供試材は表1に示した鋼A1および鋼B1である。焼戻温度を200～700℃の範囲で変え、その他の焼入れ・焼戻し条件は前述の場合と同じである。硬さ測定にはピッカース硬度計（荷重10kgf）を用いた。

20 【0016】同図に示すように、Nb添加材およびNb無添加材の硬度は、焼入れまから焼戻温度400℃まではNb添加材の方がわずかに低く、それ以上の焼戻温度では硬度にほとんど差がなく、双方とも二次硬化が認められない。これは、Nbが熱処理前の鋼線の段階でNb炭化物としてほとんど析出しており、焼入れのためのオーステナイト化においても固溶せずNb炭化物として残存している効果によるものである。すなわち、未固溶のNb炭化物として残存することによりマトリックスのC量を減じているため、焼入硬さおよび低温側の焼戻し硬さをわずかに低めるとともに、焼戻温度500℃前後での再析出が生じないため、二次硬化を示さなかったものである。

30 【0017】また、未固溶Nb炭化物が存在するためオーステナイト化時にオーステナイト粒の粗大化が抑制され細粒組織が得られる。このように、本願発明は未固溶炭化物を積極的に利用したものである。更に、Nbの焼戻し二次硬化を利用していないため、Si、MnおよびCrを組合せて添加量を調整し、通常の焼入れ・焼戻し条件により高硬度化すなわち高強度化を図ったものであり、Nb添加との組合せにより絞り値を最適化したものである。C量を増すことにより高強度化が可能だが、絞り値が低下するためC量はSAE9254と同等とした。

40 【0018】図3は、図2と同じ条件で熱処理した引張試験の絞り値を示したものである。引張試験片寸法は図1の場合と同じである。図3に示すように、Nb添加材の絞り値はNb無添加材に比べ、焼戻温度400℃前後で顕著に高くなっている。これはNb炭化物がオーステナイト化時に未固溶で残存していることによるオーステ

ナイト粒の細粒化およびマトリックスの低C化の効果である。このように、Nb添加により絞り値が大幅に改善できる。

#### 【0019】

【作用】本発明はNb添加による絞り値、すなわちばね冷間成形性を改善し、C、Si、MnおよびCrの添加量を組合せ調整して高強度化を図ったものである。以下に本発明の成分限定理由について説明する。C量を0.50%以上、0.65%以下としたのは、0.50%未満では焼入れ、焼戻しにより強度、すなわちばねとして耐久性が十分な強度が得られないためであり、0.65%を超えると絞り値、すなわちばねに加工するための冷間成形性が低下するためである。

【0020】Siを1.50%以上、2.50%以下としたのは、1.50%未満では固溶強化および耐へたり性向上の効果が十分に得られないためであり、2.50%を超えると耐へたり性向上効果が飽和し、かつ圧延および熱処理時に脱炭が生じやすくなり、耐久性を低下させるためである。Mnを0.50%を超え、1.50%以下としたのは、0.50%以下では固溶強化および焼入れ性が不十分なためであり、1.50%を超えると延性が低下するためである。

【0021】Crを1.0%を超え、2.5%以下としたのは、1.0%以下では焼入れ性および脱炭抑制効果が不十分であり、かつ強度が不十分であり、2.5%を超えるとこれらの効果が飽和するためである。Nbを0.07%以上、0.65%以下としたのは、0.07

%以上では絞り性すなわち冷間成形性改善効果が不十分であり、0.65%を超えると冷間成形性改善効果が飽和するためである。特に、冷間成形性を確保するためにはNb/C比で0.15以上、1.0以下の範囲にする必要がある。また、Nbと前述のC、Si、Mn、Crとの組合せで絞り値を最適化する必要がある。

【0022】本発明は、以上のような成分を有するものであるが、焼戻し脆化を防止するためにPを0.015%以下にすることが望ましい。また、鋼線からコイルばねの製造に際しては、従来技術として行われている通常の方法が採用できる。通常の方法による、製鋼、連続鋳造、分塊圧延、線材圧延の工程を経て、伸線、焼入れ、焼戻し工程等を経て、引張強さ200kgf/mm<sup>2</sup>以上に調整し、絞り値、すなわち冷間成形性に優れたばね鋼線が得られる。

#### 【0023】

【実施例】表1は供試鋼の化学成分を示したものである。表1において鋼A1～A5は本発明鋼であり、鋼B1～B10は比較鋼である。供試鋼は、実験室的に溶解、鍛造、外周切削を行い、焼入れ焼戻しを施した後、引張試験片に加工した。焼入条件は加熱温度950℃で30min保持しオーステナイト化した後、60℃の油焼入れとした。焼戻条件は、加熱温度400℃で600min保持した後、水冷とした。引張試験片の形状は平行部の直径6mm、長さ30mm、標点距離25mmである。

#### 【0024】

【表1】

鋼 記号	化 学 成 分 (wt%)							引張強さ 伸 び 絞 り	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Nb/C	(kgf/mm <sup>2</sup> ) (%)
発明鋼 A1	0.55	1.76	0.81	0.010	0.010	1.19	0.19	0.35	201.5 11.1 42.2
発明鋼 A2	0.57	1.75	0.79	0.011	0.010	1.21	0.10	0.17	203.4 10.8 41.3
発明鋼 A3	0.56	1.79	0.79	0.010	0.014	1.23	0.31	0.55	201.9 11.0 43.0
発明鋼 A4	0.56	1.78	0.83	0.010	0.010	1.20	0.45	0.80	200.3 11.2 45.4
発明鋼 A5	0.61	1.95	0.91	0.011	0.012	1.77	0.25	0.41	210.5 9.9 40.5
比較鋼 B1	0.56	1.79	0.82	0.010	0.012	1.20	-	-	204.3 10.7 34.0
比較鋼 B2	0.55	1.40	0.69	0.009	0.010	0.70	0.10	0.18	192.9 12.2 43.5
比較鋼 B3	0.46	1.83	0.84	0.013	0.010	1.10	0.24	0.53	196.7 11.7 43.1
比較鋼 B4	0.68	1.79	0.81	0.011	0.012	1.19	0.21	0.31	209.0 10.1 36.8
比較鋼 B5	0.56	1.24	0.83	0.010	0.011	1.16	0.24	0.43	193.1 12.2 44.0
比較鋼 B6	0.55	2.65	0.82	0.010	0.011	1.15	0.20	0.37	215.6 9.3 35.4
比較鋼 B7	0.57	1.72	0.33	0.011	0.014	1.19	0.23	0.40	201.2 11.1 38.3
比較鋼 B8	0.56	1.75	0.73	0.010	0.012	1.22	0.23	0.41	201.8 11.0 38.0
比較鋼 B9	0.56	1.81	0.77	0.010	0.011	0.87	0.21	0.37	200.2 11.2 38.9
比較鋼 B10	0.55	1.82	0.78	0.010	0.010	2.32	0.27	0.49	210.3 9.9 36.2

【0025】本発明鋼である鋼A1～鋼A5は強度すなわち引張強さが200kgf/mm<sup>2</sup>以上であり、絞り値は40%以上で、強度および絞り値、共に良好である。これに対し、比較鋼である鋼B1～鋼B5は本発明の成分範囲から外れるもので、鋼B1、B4、B6～B11は引張強さが200kgf/mm<sup>2</sup>以上であるが、絞り値は40%未満であり、また鋼B2、B3、B5は絞り値は40%以上であるが引張強さは200kgf/mm<sup>2</sup>未満のものである。すなわち、比較鋼はC、Si、Mn、Cr、Nbの

40 添加量が最適化されていないため、強度ないしは絞り値のいずれかが低くなっているのに対し、本発明鋼は強度および絞り値ともに高く、高強度化してもばね加工における冷間成形に優れていることが判る。

【0026】この知見に基づき、実際にばねを製造した。表2は供試ばねの化学成分を示す。

【0027】

【表2】

鋼 記号	化 学 成 分 (wt%)							引張強さ 伸 び 絞 り			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Nb/C	(kgf/mm <sup>2</sup> )	(%)	(%)
発明鋼 A 6	0.55	1.87	0.80	0.010	0.006	1.33	0.20	0.36	205.3	11.6	44.3
比較鋼 B11	0.59	1.43	0.68	0.011	0.006	0.70	-	-	205.1	10.2	33.7
比較鋼 B12									195.2	12.5	40.2

【0028】鋼A6は本発明鋼、鋼B11～B12は比較鋼である。通常の方法による製鋼、連続鋳造、分塊圧延、線材圧延の工程を経て、伸線、焼入れ、焼戻し等の工程により、鋼A6および鋼B11は引張強さ205kgf/mm<sup>2</sup>に、鋼B12は引張強さ195kgf/mm<sup>2</sup>に調整し

た。この鋼線をローラーピンタイプのコイルマシンにより懸架ばねをそれぞれ50本、冷間成形した。供試ばねの諸元を表3に示す。

【0029】

【表3】

11	12
線 径	12.0mm
コイル平均径	67~76mm
自由高さ	340mm
有効巻数	9.5巻

【0030】この段階で比較鋼B11はコイル成形中に折損したためその後の試験を中止した。鋼A6および鋼B12について引抜き、低温焼鈍、ショットピーニング、低温焼鈍、セッチングを施し、ばねの耐久性および耐へたり性を評価した。ばね耐久性はばね疲労試験機を用い、それぞればね5本づつ、平均応力 $\sigma_a = 70 \text{ kgf/cm}^2$

\* $\text{mm}^2$ 、応力振幅 $\sigma_a = 55 \text{ kgf/cm}^2$ で試験を行った。耐へたり性は開発鋼では上記応力で30万回耐久したばね、比較鋼では5万回の耐久試験前後の自由長を測定し、自由長の変化率により評価した。表4にこれらの結果をまとめて示した。

【表4】

鋼 記号	コイリング	ばね疲労試験		へたり性 (%)
		$\tau_{max}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	繰返し数 ( $\times 10^3$ 回)	
発明鋼 A6	折損せず	125	$\geq 300$ (5本)	0.52
比較鋼 B11	折損	—	—	—
比較鋼 B12	折損せず	125	62, 64, 67, 71, 81	0.45

【0031】表4に示すように、ばね冷間成形において引張強さ $205 \text{ kgf/mm}^2$ に調整した開発鋼ではコイル折損が生じないのに対し、比較鋼ではコイル折損が生じた。すなわち、同じ強度であれば本発明鋼がばねの冷間成形性に優れていることが判る。一方、ばね疲労試験では、強度が異なるが本発明鋼は30万回耐久しているのに対し、比較鋼が10万回未満の繰返し回数で折損した。また、本発明鋼の耐へたり性は比較鋼と比べ同等である。すなわち、本発明鋼は耐久性および耐へたり性に優れていることが判る。

【0032】

【発明の効果】本発明はSAE9254相当のCとし、Si, Mn, Crを調整することにより強度を確保し、

更にNbを添加し、Nb/C比を適性にするることにより、冷間成形性の優れた高強度懸架ばね鋼線の製造が可能となる。従って、冷間成形懸架ばねの高応力化に十分対応でき、懸架ばねの軽量化の非常に大きく寄与できる。

【図面の簡単な説明】

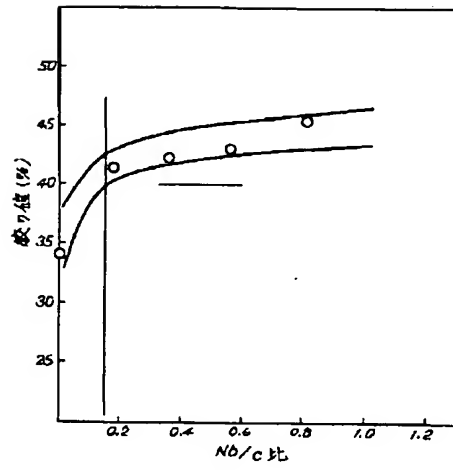
【図1】Nb/C(重量比)と引張試験における絞り値との関係を示す線図。

【図2】Nb添加材(本発明鋼A1)およびNb無添加材(比較鋼B1)の焼戻温度と硬度の関係、すなわち焼戻性能曲線を比較した線図。

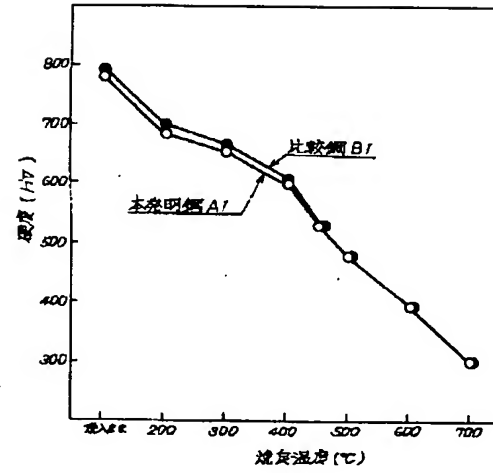
【図3】同様に焼戻温度と絞り値を比較した線図。



【図1】



【図2】



【図3】

